

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 18 SEP 2003  
WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 31 948.0

Anmeldetag: 15. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: GE Wind Energy GmbH, Salzbergen/DE

Bezeichnung: Windenergieanlage und Lageranordnung dafür

IPC: F 03 D 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert

**LEINWEBER &  
ZIMMERMANN**

---

PATENTANWÄLTE  
EUROPEAN PATENT ATTORNEYS  
EUROPEAN TRADEMARK ATTORNEYS

Dipl.-Ing. H. Leinweber († 1976)  
Dipl.-Ing. Heinz Zimmermann  
Dipl.-Ing. A. Gf. v. Wengersky  
Dipl.-Phys. Dr. Jürgen Kraus  
Dipl.-Ing. Thomas Busch  
Dipl.-Phys. Dr. Klaus Seranski

**Rosental 7**  
**D-80331 München**  
TEL +49-89-231124-0  
FAX +49-89-231124-11

den

Unser Zeichen

ksok

**GE Wind Energy GmbH**  
**Holsterfeld 16**  
**48499 Salzbergen**

---

**WINDENERGIEANLAGE UND LAGERANORDNUNG DAFÜR**

Die Erfindung betrifft eine Windenergieanlage mit einem mittels einer Lageranordnung bzgl. einer Rotorachse drehbar gelagerten und mindestens ein an einer Rotornabe befestigtes und sich ausgehend davon bzgl. der Rotorachse radial nach außen erstreckenden Rotorblatt aufweisenden Rotor sowie eine Lageranordnung für eine derartige Windenergieanlage.

Windenergieanlagen der gerade beschriebenen Art weisen in der Regel einen Turm auf, an dessen Spitze der Rotor um eine im wesentlichen horizontal verlaufende Rotorachse drehbar gelagert ist. Zur Anpassung der Windenergieanlage an die Windbedingungen kann der Rotor zusammen mit der Lageranordnung üblicherweise um eine in Schwererichtung verlaufende Drehachse verdreht werden. Dazu sind die Lageranordnung, der Rotor, ggf. ein an den Rotor gekoppeltes Getriebe sowie ein ausgangsseitig an das Getriebe gekoppelter Generator auf einer verdrehbar an der Spitze des Turms befestigten Plattform angeordnet. Bei modernen Windenergieanlagen mit einer Nennleistung von mehreren Megawatt kann der Rotor einen Durchmesser von 100 m oder mehr aufweisen. Bei

diesen Windenergieanlagen erfolgt die Drehmomenteinleitung in den Generator üblicherweise mit Hilfe einer über einen Flansch an die Rotornabe geschraubte Rotorwelle, welche einen auf der um die vertikale Drehachse verdrehbare Plattform angeordneten Lagerblock durchsetzt und an ihrem der Rotornabe abgewandten Ende über einen Spannsatz an einem Eingang eines Getriebes gegengelagert ist, dessen Ausgang an den Generator gekoppelt ist.

Beim Langzeitbetrieb von Windenergieanlagen der gerade beschriebenen Art hat es sich gezeigt, daß in den üblicherweise als Hohlwellen ausgeführten Rotorwellen Rißbildungen beobachtet werden, welche den Austausch der Rotorwelle erforderlich machen, um deren Bruch und die damit einhergehende Gefahr des Absturzes des Rotors zu vermeiden.

Angesichts dieser Probleme im Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Windenergieanlage der eingangs beschriebenen Art bereitzustellen, welche einen wartungsarmen Langzeitbetrieb ermöglicht, sowie eine Lageranordnung für eine derartige Windenergieanlage anzugeben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Weiterbildung von Windenergieanlagen der eingangs beschriebenen Art gelöst, die im wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, daß die Lageranordnung einen ersten bzgl. der Rotorachse drehfest an einer Trägeranordnung befestigten und koaxial zur Rotorachse angeordneten Lagerring sowie einen zweiten ebenfalls koaxial zur Rotorachse angeordneten, bzgl. der Rotorachse verdrehbar an dem ersten Lagerring gehaltenen und an der Rotornabe befestigten Lagerring aufweist.

Diese Erfindung geht auf die Erkenntnis zurück, daß die beim Einsatz der bekannten Windenergieanlagen beobachteten Mängel in erster Linie darauf zurückzuführen sind, daß mit der Rotorwelle nicht nur das Drehmoment übertragen wird, sondern auch alle anderen Belastungen, wie etwa das Gewicht des Rotornabe und Rotorblätter umfassenden Rotors, sowie betriebsbedingte Schub- und Kippmomente, aufgenommen werden. Im Gegensatz dazu erfolgt bei einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage eine Aufgabenteilung derart, daß die Gewichtskräfte und betriebsbedingten Schub- und Kippmomente über den ersten Lagerring abgeleitet werden, während der zweite Lagerring und eine ggf. daran befestigte Drehmomentübertragungsanordnung lediglich die Drehmomente aufnehmen muß. Auf diese Weise können belastungsbedingte Beschädigungen des zweiten Lagerringes

und/oder einer ggf. daran gekoppelten Drehmomentübertragungsanordnung auch bei einem Langzeitbetrieb der Windenergieanlage vermieden werden.

Wenngleich im Rahmen der Erfindung auch an den Einsatz getriebeloser Windenergieanlagen mit Synchrongeneratoren gedacht ist, bei denen der zweite Lagerring unmittelbar an den Generator gekoppelt ist, hat es sich im Sinne einer Erhöhung des Wirkungsgrades der Windenergieanlagen als besonders günstig erwiesen, wenn der Rotor an den Eingang einer ausgangsseitig an einen Generator koppelbaren Getriebeanordnung gekoppelt ist.

Insbesondere bei der zuletzt beschriebenen Ausführungsform der Erfindung hat es sich im Sinne der vorstehend erläuterten Lastverteilung als besonders günstig erwiesen, wenn die erfindungsgemäße Windenergieanlage eine sich ausgehend von dem vorzugsweise unmittelbar an der Rotornabe befestigten zweiten Lagerring bzgl. der Rotorachse radial nach innen erstreckende Drehmomentübertragungsanordnung aufweist.

Bei modernen Windenergieanlagen sind die Rotorblätter zur Anpassung an die vorherrschenden Windverhältnisse um ihre Längsachse verdrehbar an der Rotornabe befestigt. Zu diesem Zweck sind üblicherweise in der im allgemeinen als Gußteil ausgeführten Rotornabe angeordnete „Pitch“-Antriebe vorgesehen, mit denen die Verdrehung der Rotorblätter um ihre Längsachse bewirkt werden kann. Zusätzlich oder alternativ können auch noch aerodynamische Hilfsmittel vorgesehen sein, wie etwa verstellbare Rotorblatt spitzen und/oder -klappen, welche über in der Rotornabe angeordnete Antriebe verstellbar sind. Dazu ist die Rotornabe üblicherweise als Hohlkörper ausgeführt.

Im Sinne einer Erleichterung der Wartung derartiger Windenergieanlagen hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die sich ausgehend von dem zweiten Lagerring bzgl. der Rotorachse radial nach innen erstreckende Drehmomentübertragungsanordnung mindestens eine den Zugang in den Innenraum der Nabe erlaubende Durchtrittsöffnung aufweist, weil die in der Nabe aufgenommenen Antriebe so besonders einfach von der Plattform bzw. einem darauf errichteten Maschinenhaus der Windenergieanlage zugänglich sind. Dabei kann der Zugang unabhängig von der jeweiligen Drehstellung des Rotors erfolgen. Eine weitere Erleichterung des Zugangs zu den in der Rotornabe aufgenommenen Elementen der Windenergieanlage wird erreicht, wenn die Drehmomentübertragungsan-

ordnung eine an dem zweiten Lagerring befestigte Speichennabe mit zwei, drei oder mehr Durchtrittsöffnungen aufweist.

Insgesamt wird so ein von Witterungseinflüssen unabhängiger Zugang zur Rotornabe bereitgestellt.

In baulicher Hinsicht lässt sich die Lageranordnung einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage besonders einfach in Form eines Wälzlagers verwirklichen, dessen Außenring (Innenring) durch den ersten Lagerring gebildet ist und dessen Innenring (Außenring) durch den zweiten Lagerring gebildet ist.

Wie vorstehend bereits angesprochen, werden Gewichtskräfte sowie betriebsbedingte Schub- und Kippmomente bei einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage von dem drehfest an der Trägeranordnung befestigten ersten Lagerring aufgenommen. Dabei können Beschädigungen durch die Krafteinleitung in die Trägeranordnung besonders zuverlässig verhindert werden, wenn die Trägeranordnung in Sandwich-Bauweise mit einer bzgl. der Rotorachse inneren Trägerschicht, einer bzgl. der Rotorachse äußeren Trägerschicht und einer zwischen den Trägerschichten angeordneten Füllschicht ausgeführt ist. Auf diese Weise wird eine besonders hohe Steifigkeit der Trägeranordnung erreicht, wobei die auftretenden Schubkräfte von der zwischen den Trägerschichten angeordneten Füllschicht aufgenommen werden können.

Im Sinne einer Reduzierung des Gewichtes der Trägeranordnung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn mindestens eine der Trägerschichten in Form einer Rohrkonstruktion ausgeführt ist. Die Füllschicht der Trägeranordnung kann Abstandhalter zur Sicherung des Abstandes zwischen den Trägerschichten, eine Wabenstruktur, PU-Schaum, Metallschaum und/oder einen Balsa-Kern aufweisen. Neben dem Erhalt einer hohen Steifigkeit bei geringem Gewicht wird mit der erfindungsgemäß ausgeführten Trägeranordnung auch noch ein verbesserter Schallschutz und eine gute Schwingungsdämpfung erreicht. Die Krafteinleitung in die Trägeranordnung kann über einen an dem ersten Lagerring befestigten biegesteifen Frontflansch der Trägeranordnung erfolgen.

Wie vorstehend bereits erläutert, kann mindestens ein Rotorblatt der erfindungsgemäßen Windenergieanlage bzgl. seiner Längsachse verdrehbar an der Rotornabe befestigt

sein, um so den Wirkungsgrad der Windenergieanlage bei wechselnden Windbedingungen optimieren zu können.

Wenngleich bei einer Ausführung der Trägeranordnung als Rohrkonstruktion eine vollständige Umhausung der Einzelkomponenten einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage nicht mehr erforderlich ist, hat es sich im Sinne einer weiteren Optimierung des Wirkungsgrades als günstig erwiesen, wenn zumindest die Rotornabe zumindest teilweise von einem Verkleidungselement umgeben ist.

Wie der vorstehenden Erläuterung erfindungsgemäßer Windenergieanlagen zu entnehmen ist, ist eine Lageranordnung für eine derartige Windenergieanlage im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß sie einen ersten drehfest an einer Trägeranordnung befestigten Lagerring und einen zweiten verdrehbar an dem ersten Lagerring gehaltenen und an einer mindestens ein Rotorblatt tragenden Rotornabe befestigten Lagerring aufweist.

Nachstehend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung, auf die hinsichtlich aller erfindungswesentlichen und in der Beschreibung nicht näher herausgestellten Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird, erläutert. In der Zeichnung zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage,

**Fig. 2** eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage und

**Fig. 3** eine Radialschnittdarstellung der in Fig. 1 dargestellten Windenergieanlage längs der in Fig. 1 angegebenen Schnittebene A-A.

In den Fig. 1 und 3 sind eine Rotornabe 10, eine Lageranordnung 20 zur drehbaren Lagerung der Rotornabe 10, eine Trägeranordnung 30, ein Getriebe 60 und ein Generator 80 einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage dargestellt.

Die Rotornabe 10 ist als Gußteil ausgeführt und umfaßt insgesamt drei Befestigungsflansche 12 zur Anbringung von Rotorblättern 13, von denen in Fig. 1 nur eines dargestellt ist. Mit Hilfe der Befestigungsflansche 12 können die Rotorblätter 13 um ihre

Längsachse verdrehbar an der Rotornabe 10 befestigt werden. Zur Verdrehung der Rotorblätter sind in der Rotornabe 10 entsprechende Antriebe angeordnet, welche an in der Rotornabe angebrachten Antriebsträgern 14 befestigt werden können. Bei der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist für jedes Rotorblatt ein an einem entsprechenden Antriebsträger 14 befestigbarer Antrieb vorgesehen. Im Rahmen der Erfindung ist aber auch an den Einsatz solcher Windenergieanlagen gedacht, bei denen alle Rotorblätter von nur einem Antrieb verdreht werden können. Zur Verbesserung der aerodynamischen Eigenschaften und zur Geräuschreduzierung ist ein die Rotornabe teilweise umgebendes Verkleidungselement 16 vorgesehen.

Die zur drehbaren Lagerung der Rotornabe dienende Lageranordnung 20 ist in Form eines Großwälzlagers verwirklicht und umfaßt im wesentlichen einen inneren Lagerring 22 und einen äußeren Lagerring 24, wobei diese Lagerringe koaxial zur Rotorachse angeordnet sind und mit Hilfe von entsprechenden Lagerkörpern um die Rotorachse gegeneinander verdrehbar gehalten sind. Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist der innere Lagerring 22 über ihn durchsetzende Schrauben 23 an der Rotornabe 10 befestigt, während der äußere Lagerring 24 mit Hilfe von diesen durchsetzenden Schrauben 25 an einem biegesteifen Frontflansch 42 der Trägeranordnung 30 befestigt ist. Durch diese Lageranordnung werden das Gewicht der Nabe sowie betriebsbedingte Schub- und Kippmomente von dem äußeren Lagerring 24 aufgenommen, während das Drehmoment über den inneren Lagerring 22 übertragen wird. Der Innendurchmesser des inneren Lagerrings 22 ist so gewählt, daß eine Wartungsperson durch den inneren Lagerring 22 in den Innenraum der Rotornabe 10 gelangen kann.

Bei der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist die Trägeranordnung 30 als Sandwich-Konstruktion mit einer inneren Trägerschicht 32, einer äußeren Trägerschicht 34 und einer Füllschicht 36 ausgeführt, wobei die Trägerschichten 32 und 34 in Form von Rohrkonstruktionen verwirklicht sind, um so eine hohe Steifigkeit bei geringem Gewicht zu erreichen. Die Füllschicht 36 umfaßt einen Füllstoff, wie etwa einen Balsa-Kern, PU-Schaum oder eine Wabenstruktur und Abstandhalter 40 zur Einhaltung des Abstandes zwischen der inneren Trägerschicht 32 und der äußeren Trägerschicht 34. An der der Nabe 10 zugewandten Frontseite der Trägeranordnung 30 ist der biegesteife Frontflansch 42 angebracht, welcher an den äußeren Lagerring 24 geschraubt ist.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist der innere Lagerring 22 über eine mit Hilfe von Schrauben 51 daran befestigte Speichennabe 50 und eine Welle 52 an den Eingang eines Getriebes 60 gekoppelt, dessen Ausgang über eine Kuppelung mit integrierter Scheibenbremse 70 an einen Generator 80 gekoppelt ist. Wie besonders deutlich in Fig. 3 dargestellt, weist die Speichennabe 50 insgesamt drei Durchtrittsöffnungen 50a auf, welche den Zutritt in den Innenraum der Rotornabe 10 ermöglichen.

Gemäß Fig. 3 sind die innere Trägerschicht 32 und die äußere Trägerschicht 34 ebenso wie der Füllstoff 38 koaxial zur Rotorachse angeordnet. Gleiches gilt für den biegesteifen Frontflansch 42, welcher von den Schrauben 25 durchsetzte Ausnehmungen 25a aufweist, die auf einer koaxial zur Rotorachse verlaufenden Kreislinie angeordnet sind. Der innere Lagerring 22 ist ebenfalls von einer Anzahl von zur Aufnahme der Schrauben 23 dienenden Ausnehmungen 23a durchsetzt, welche auf einer koaxial zur Rotorachse verlaufenden Kreislinie angeordnet sind. Die Speichen der Speichennabe 50 sind an ihrem äußeren Rand ebenfalls von einer Anzahl von Ausnehmungen 51a durchsetzt, welche zur Aufnahme der Schrauben 51 dienen.

Die in Fig. 2 dargestellte Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich im wesentlichen nur dadurch von der anhand der Fig. 1 und 3 erläuterten Ausführungsform, daß die Rotornabe 10 an dem äußeren Lagerring 24, der als Großwälzlager ausgeführten Lageranordnung 20 befestigt ist, während der innere Lagerring 22 an dem biegesteifen Frontflansch 42 der Trägeranordnung 30 angebracht ist.

Die Erfindung ist nicht auf die anhand der Zeichnung dargestellte Ausführungsform beschränkt. Vielmehr ist auch an den Einsatz von Windenergieanlagen mit mehr oder weniger als drei Rotorblättern gedacht. Auch kann die Verbindung zwischen der Lageranordnung und dem Getriebe anders als bei den in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen ausgeführt sein. Insbesondere ist auch an den Einsatz erfindungsgemäßer Windenergieanlagen ohne Getriebe gedacht. Ferner kann der zweite Lagerring einstückig mit der Rotornabe ausgeführt sein. Schließlich ist im Rahmen der Erfindung auch an die Nachrüstung bereits vorhandener Windenergieanlagen gedacht. Eine dazu geeignete Lageranordnung umfaßt einen ersten drehfest an einer Trägeranordnung der Windenergieanlage befestigbaren Lagerring und einen zweiten verdrehbar an dem ersten Lagerring gehaltenen und an einer mindestens ein Rotorblatt tragenden Rotornabe befestigten Lagerring.

## ANSPRÜCHE

1. Windenergieanlage mit einem mittels einer Lageranordnung (20) bzgl. einer Rotorachse drehbar gelagerten und mindestens ein an einer Rotornabe (10) befestigtes und sich ausgehend davon bzgl. der Rotorachse radial nach außen erstreckendes Rotorblatt (13) aufweisenden Rotor, dadurch gekennzeichnet, daß die Lageranordnung (20) einen ersten bzgl. der Rotorachse drehfest an einer Trägeranordnung (30) befestigten und koaxial zur Rotorachse angeordneten Lagerring (22, 24) sowie einen zweiten bzgl. der Rotorachse verdrehbar an dem ersten Lagerring (22, 24) gehaltenen und an der Rotornabe (10) befestigten Lagerring (22, 24) aufweist.
2. Windenergieanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor an den Eingang einer ausgangsseitig an einen Generator (80) koppelbaren Getriebeanordnung (60) gekoppelt ist.
3. Windenergieanlage nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine sich ausgehend von dem zweiten Lagerring (22, 24) bzgl. der Rotorachse radial nach innen erstreckende Drehmomentübertragungsanordnung (50, 52).
4. Windenergieanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehmomentübertragungsanordnung (50, 52) mindestens eine den Zugang in den Innenraum der Nabe (10) erlaubende Durchtrittsöffnung (50a) aufweist.
5. Windenergieanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehmomentübertragungsanordnung (50, 52) eine an dem zweiten Lagerring (22, 24) befestigte Speichennabe (50) mit zwei, drei oder mehr Durchtrittsöffnungen (50a) aufweist.
6. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Lagerring (22, 24) der Außenring (24) (Innenring) (22) eines Wälzlagers ist, dessen Innenring (22) (Außenring) (24) durch den zweiten Lagerring (22, 24) gebildet ist.

7. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägeranordnung (30) in Sandwich-Bauweise mit einer bzgl. der Rotorachse inneren Trägerschicht (32) einer bzgl. der Rotorachse äußeren Trägerschicht (34) und einer zwischen den Trägerschichten (32, 34) angeordneten Füllschicht (36) ausgeführt ist.
8. Windenergieanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Trägerschichten (32, 34) eine Rohrkonstruktion aufweist.
9. Windenergieanlage nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Füllschicht (36) mindestens einen Abstandhalter (40), eine Wabenstruktur, PU-Schaum, Metallschaum und/oder einen Balsa-Kern aufweist.
10. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Lagerring (22, 24) über einen biegesteifen Frontflansch (42) an der Trägeranordnung (30) befestigt ist.
11. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Rotorblatt (13) bzgl. seiner Längsachse verdrehbar an der Rotornabe (10) befestigt ist.
12. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein die Rotornabe (10) zumindest teilweise umgebendes Verkleidungselement (16).
13. Lageranordnung für eine Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem ersten drehfest an einer Trägeranordnung (30) befestigten Lagerring (22, 24) und einem zweiten verdrehbar an dem ersten Lagerring (22, 24) gehaltenen und an einer mindestens ein Rotorblatt (13) tragenden Rotornabe (10) befestigten Lagerring.

## Zusammenfassung

Bei einer Windenergieanlage mit einem mittels einer Lageranordnung bzgl. einer Rotorachse drehbar gelagerten und mindestens ein an einer Rotornabe befestigtes und sich ausgehend davon bzgl. der Rotorachse radial nach außen erstreckendes Rotorblatt aufweisenden Rotor wird eine Weiterbildung vorgeschlagen, bei der die Lageranordnung einen ersten bzgl. der Rotorachse drehfest an einer Trägeranordnung befestigt und koaxial zur Rotorachse angeordneten Lagerring sowie einen zweiten bzgl. der Rotorachse verdrehbar an dem ersten Lagerring gehaltenen und an der Rotornabe befestigten Lagerring aufweist.

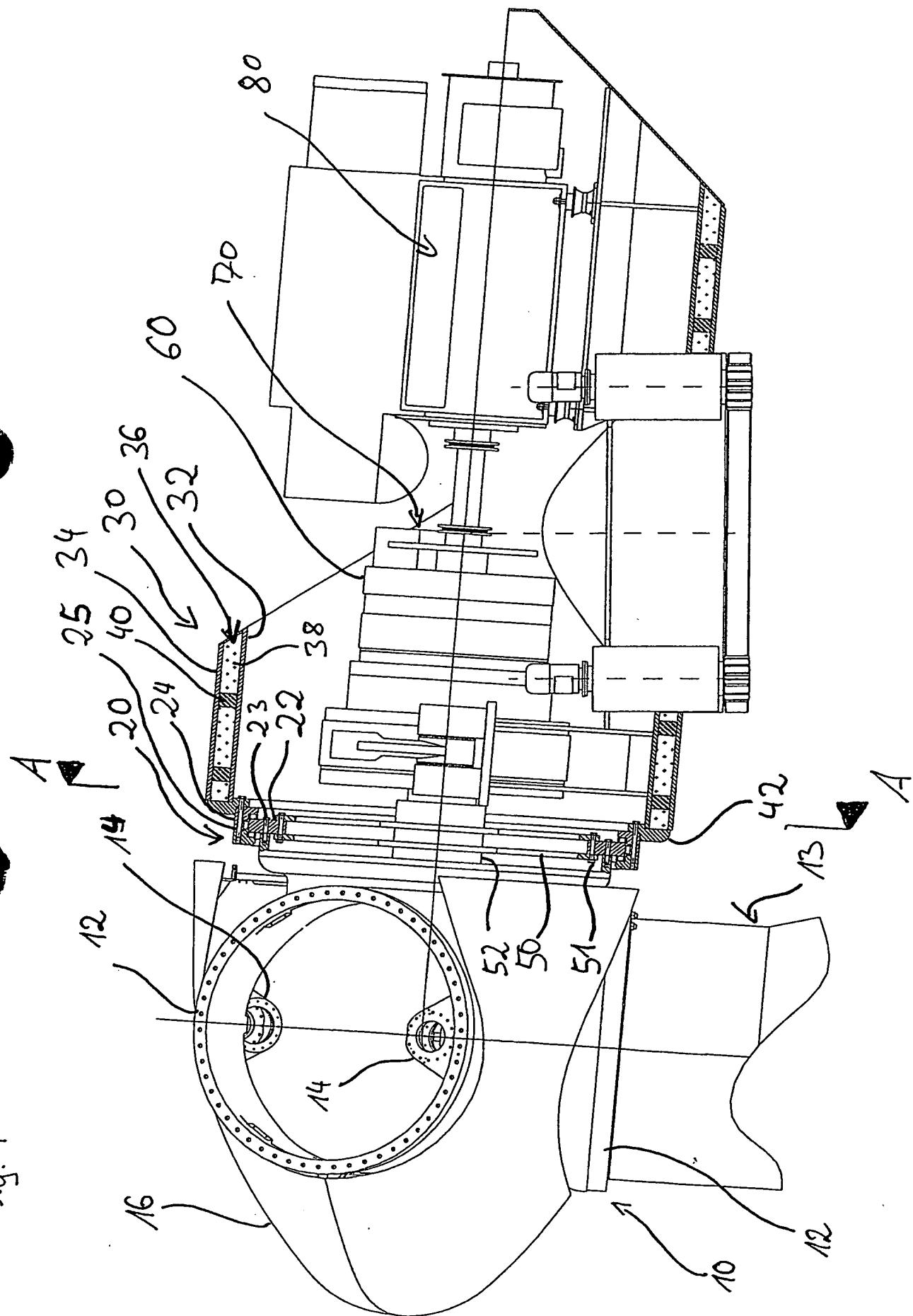


Fig. 1

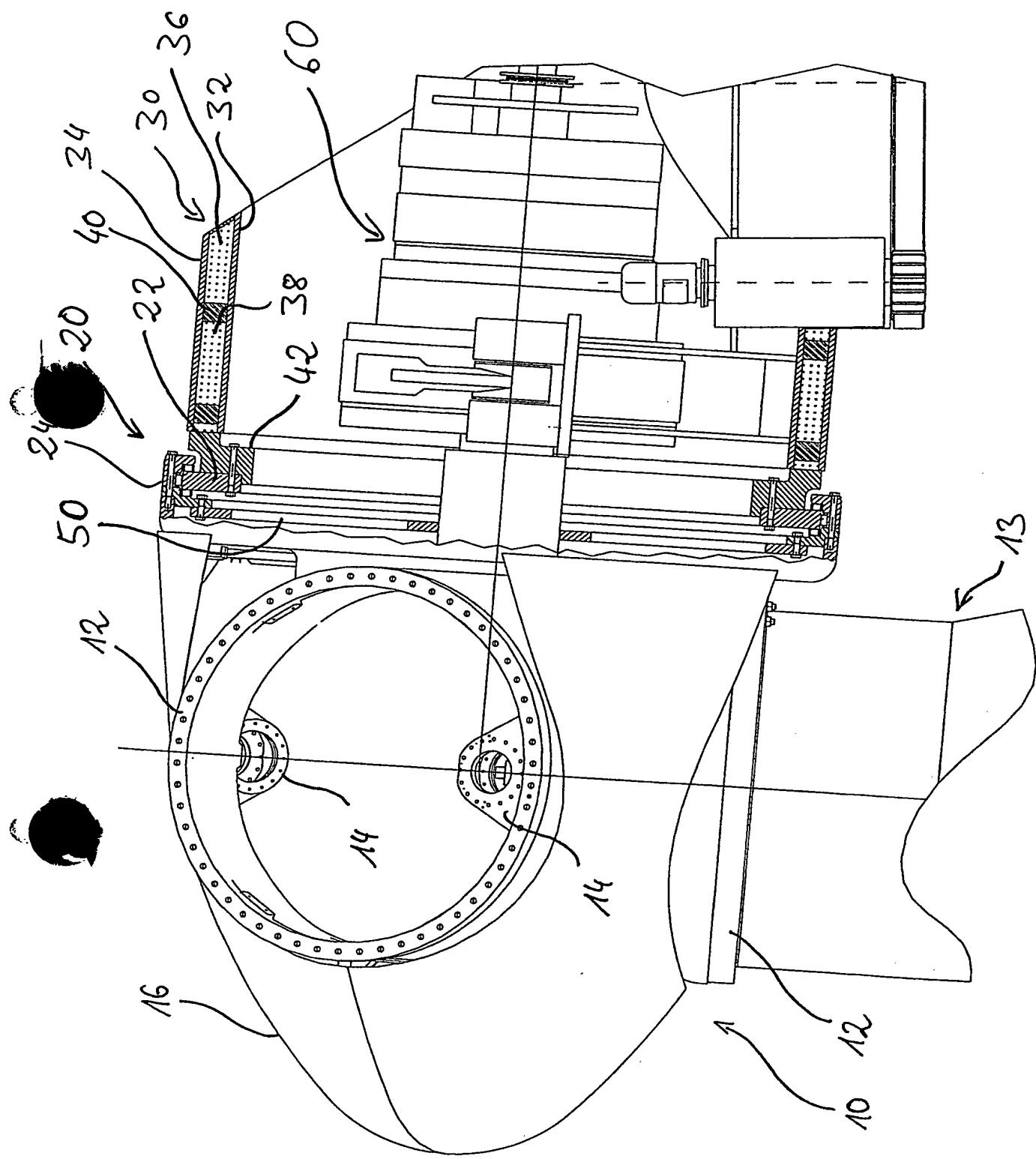


Fig. 2

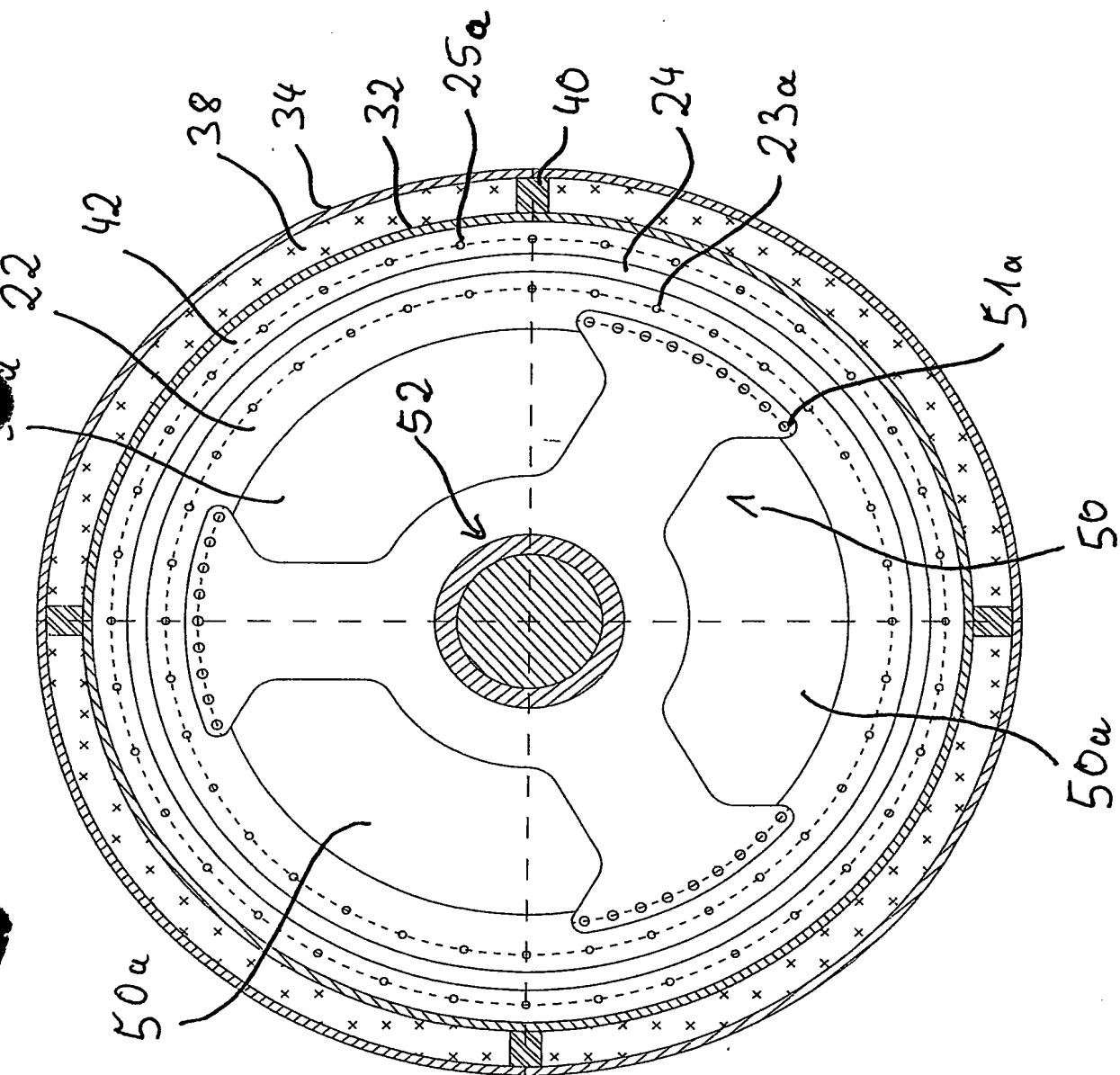


Fig. 3